

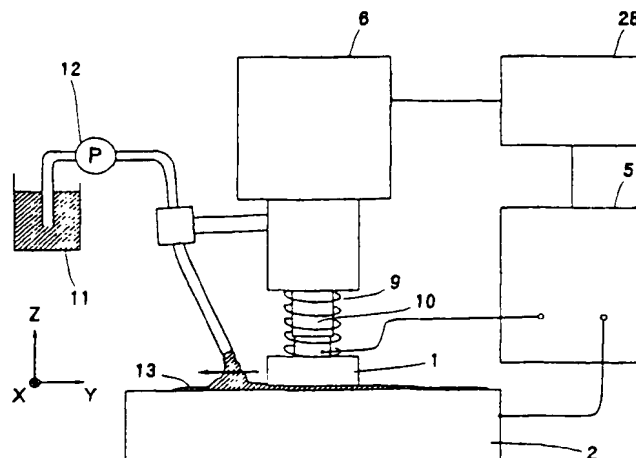
PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類6 B23H 7/36, 7/26, 7/34, 7/24, 1/02</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO00/54920</p> <p>(43) 国際公開日 2000年9月21日(21.09.00)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP99/01331</p> <p>(22) 国際出願日 1999年3月18日(18.03.99)</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA)[JP/JP] 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ) 金原好秀(KINBARA, Yoshihide)[JP/JP] 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 宮田金雄, 外(MIYATA, Kaneo et al.) 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54)Title: METHOD AND APPARATUS FOR ELECTRODISCHARGING MACHINING

(54)発明の名称 放電加工方法及び装置



(57) Abstract

An insulating processing medium (13) is interposed between a workpiece (2) and an electrode (1) of an electric spark machine. Electric discharge energy is supplied between the electrode (1) and the workpiece (2) to process a workpiece (2). When electrodischarge machining is performed, the relative position of the electrode (1) and the workpiece (2) is varied while pressing the electrode (1) against the workpiece (2) with the predetermined pressure so that the processing medium (13) between the electrode (1) and the workpiece (2) may form thin film.

(57)要約

電極（１）と被加工物（２）との間に絶縁性の加工媒質（１３）を介在させ、前記電極（１）と前記被加工物（２）との間に放電エネルギーを供給し、放電により前記被加工物（２）を加工する放電加工装置において、前記電極（１）と前記被加工物（２）との間の前記加工媒質（１３）が薄膜を形成するように、前記電極（１）を前記被加工物（２）に対して所定の圧力で押圧し、前記電極（１）と前記被加工物（２）とを相対移動させながら放電加工を行う。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AG	アンティグア・バーブーダ	DZ	アルジェリア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AL	アルバニア	EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LK	スリランカ	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SI	スロベニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LS	レソト	SK	スロバキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GE	グルジア	MA	モロッコ	TD	チャド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
BY	ベラルーシ	GW	ギニア・ビサウ		共和国	TT	トリニダード・トバゴ
CA	カナダ	HR	クロアチア	ML	マリ	TZ	タンザニア
CC	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UG	ウガンダ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	US	米国
CH	スイス	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UZ	ウズベキスタン
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MX	メキシコ	VN	ヴェトナム
CM	カメルーン	IN	インド	MZ	モザンビーク	YU	ユーゴスラヴィア
CN	中国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	ZA	南アフリカ共和国
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NL	オランダ	ZW	ジンバブエ
CU	キューバ	JP	日本	NZ	ニュージーランド		
CY	キプロス	KE	ケニア	NO	ノルウェー		
CZ	チェコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KR	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KR	韓国	RO	ルーマニア		

であるため放電開始電圧が高く、従って放電エネルギーを低くできないために、より滑らかな表面粗さの加工面を得ることができないという問題点があった。

5 また、第10図は日本国特開昭49-103296号公報に開示された加工液ペーストを用いた放電加工装置を示す説明図であり、図において、1は電極、2は被加工物、3は電極1と被加工物2との間の加工間隙、5は電源装置、6は電極1を上下方向に移動させる送り装置、8は加工液ペーストである。加工液ペースト8としては、導電性粉末を主体とし、これに磁性粉末を混合し、さらにこの混合物にケロシン等の誘電性液体を少量混合して練り合わせ、ペースト状にしたものが用いられる。

10 この加工液ペースト8を被加工物2の加工部分に塗布し、電源装置5により放電エネルギーを供給することにより、電極1と被加工物2との間に放電を発生させる。加工液ペースト8は、グラファイト等の導電性粉末を多量に混在するものであり、この導電性粉末と被加工物2に放電が発生し、電極1の送り方向と平行な被加工物2の側面（図中A）の加工を可能にしたものであり、前記公報には、被加工物2の側面の加工において、約 $10\mu\text{m Rmax}$ の表面粗さの仕上げ加工が実現できた旨の記載がある。

20 しかし、このような構成の放電加工装置においては、電極のサーボ送り方向以外の面が加工可能であるという利点がある反面、電極のサーボ送り方向の面の加工において、より滑らかな表面粗さの加工面を得ることができないと共に安定した加工が行えないという問題点があった。

#### 発明の開示

25 この発明は、前記のような従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、より滑らかな表面粗さの加工面を簡単に得ることができ

## 明 細 書

## 放電加工方法及び装置

## 5 技術分野

この発明は、電極と被加工物間に放電エネルギーを供給し被加工物を放電加工する、放電加工方法及び装置の改良に関するものである。

## 背景技術

10 第9図は従来の放電加工装置を示す説明図であり、図において、1は電極、2は被加工物、3は電極1と被加工物2との間の加工間隙、4は絶縁性の加工媒質である加工油、5は電源装置、6は電極1を上下方向に移動させる送り装置、7は加工油4を溜めて電極1及び被加工物2を浸漬する加工槽である。加工油4としては、例えば日本国特開平6-1  
15 55165号公報に開示されているような低粘度の油が用いられる。

また、加工間隙3としては、通常 $10\mu\text{m}$ ～ $30\mu\text{m}$ 程度が採用される。このような大きさの加工間隙を採用する理由は、より滑らかな表面粗さの加工面を得るために加工間隙3を狭くして供給する放電エネルギーを小さくしようとした場合、例えば加工間隙3を $1\mu\text{m}$ 程度に制御しよう  
20 うとすると、電極1と被加工物2が接触して放電加工の進行が困難になるためである。

このような構成において、電源装置5により放電エネルギーを供給することにより、送り装置6に取り付けられた電極1と被加工物2との間に放電を発生させ、被加工物2を電極1の形状に従った形状に加工することが  
25 ができる。しかし、電極と被加工物間の加工間隙の制御のために高精度のNC制御を行う必要があると共に、加工間隙が $10\sim 30\mu\text{m}$ 程度

る放電加工方法及び装置を得ることを目的とする。

また、放電加工による除去加工のみならず、除去加工を行う場合と同様の装置構成にて簡単に表面処理を行うことができる放電加工方法及び装置を得ることを目的とする。

- 5       第 1 の発明に係る放電加工方法は、加工媒質が薄膜を形成するように、電極を被加工物に対して所定の圧力で押圧し、前記電極と前記被加工物とを相対移動させながら加工を行うものである。

第 2 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明に係る放電加工方法において、前記薄膜を 0.1 ~ 1  $\mu$ m の厚さに形成するものである。

- 10       第 3 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明に係る放電加工方法において、前記相対移動を螺旋状に行うものである。

第 4 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明に係る放電加工方法において、前記加工媒質として潤滑剤を用いるものである。

- 15       第 5 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明に係る放電加工方法において、前記加工媒質としてグリースを用いるものである。

第 6 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明に係る放電加工方法において、前記加工媒質として高分子水吸収体に水を含ませたものを用いるものである。

- 20       第 7 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明に係る放電加工方法において、前記加工媒質にシリコン粉末を混入するものである。

第 8 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明に係る放電加工方法において、前記電極として炭化チタン (TiC) 等の硬質の化合物を作るチタン等の金属又はそれらの粉末を圧縮成形した圧粉体を使用し、前記加工媒質として炭素を含む加工媒質を使用するものである。

- 25       第 9 の発明に係る放電加工方法は、前記電極として、前記被加工物と同一の材料又はその粉末を圧縮成形した圧粉体を使用するものである。

第 10 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明に係る放電加工方法において、前記電極と前記被加工物との接触面積、押し付け圧力、相対移動速度及び前記加工媒質の粘度をパラメータとして、これらの中の少なくとも一つを変化させることにより、前記電極と前記被加工物との間の前記加工媒質の膜厚を制御するものである。

第 11 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明に係る放電加工方法において、前記電極として導電性ワイヤを使用するものである。

第 12 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明に係る放電加工方法において、前記電極を回転させながら加工を行うものである。

10 第 13 の発明に係る放電加工装置は、電極を被加工物に対して所定の圧力で押圧する押し付け手段と、前記電極と前記被加工物とを相対移動させる駆動手段を備え、加工媒質が薄膜を形成するように、前記電極を前記被加工物に対して所定の圧力で押圧し、前記電極と前記被加工物とを相対移動させながら加工を行うものである。

15 第 14 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明に係る放電加工装置において、前記薄膜を  $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$  の厚さに形成するものである。

第 15 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明に係る放電加工装置において、前記相対移動を螺旋状に行うものである。

20 第 16 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明に係る放電加工装置において、前記加工媒質として潤滑剤を用いるものである。

第 17 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明に係る放電加工装置において、前記加工媒質としてグリースを用いるものである。

25 第 18 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明に係る放電加工装置において、前記加工媒質として高分子水吸収体に水を含ませたものを用いるものである。

第 19 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明に係る放電加工装

置において、前記加工媒質にシリコン粉末を混入するものである。

第20の発明に係る放電加工装置は、第13の発明に係る放電加工装置において、前記電極として炭化チタン（TiC）等の硬質の化合物を作るチタン等の金属又はそれらの粉末を圧縮成形した圧粉体を使用し、  
5 前記加工媒質として炭素を含む加工媒質を使用するものである。

第21の発明に係る放電加工装置は、第13の発明に係る放電加工装置において、前記電極として、前記被加工物と同一の材料又はその粉末を圧縮成形した圧粉体を使用するものである。

第22の発明に係る放電加工装置は、第13の発明に係る放電加工装置において、前記電極と前記被加工物との接触面積、押し付け圧力、相  
10 対移動速度及び前記加工媒質の粘度をパラメータとして管理し、前記押し付け圧力と前記相対移動速度の中の少なくとも一つを変化させる指令を与える制御手段を備えるものである。

第23の発明に係る放電加工装置は、第13の発明に係る放電加工装置において、前記電極として導電性ワイヤを使用するものである。  
15

第24の発明に係る放電加工装置は、第13の発明に係る放電加工装置において、前記電極を回転させる回転手段を備えるものである。

第25の発明に係る放電加工装置は、第13の発明に係る放電加工装置において、前記電源装置として、セットとりセットの状態変化を行う  
20 状態記憶部と、放電指令パルスによる前記状態記憶部のセットにより駆動される電流制限要素を含む放電エネルギー充電部と、前記放電エネルギー充電部によって充電される放電エネルギー蓄積部と、前記放電エネルギー蓄積部と前記電極間に設けられた放電電流制限要素を含む放電電流制御部と、前記放電エネルギー蓄積部に接続し、前記状態記憶部のリセットにより  
25 り駆動され電流制限要素を含む余剰エネルギー放電部とを備え、前記電極と前記被加工物間に放電が発生した後所定時間遅らせて前記状態記憶部

をリセットし、前記余剰エネルギー放電部を駆動するものである。

第 26 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明に係る放電加工装置において、前記電源装置として、放電指令パルスによってオン、オフの状態が反転する状態記憶部と、前記状態記憶部により駆動され、直流電源の正極と負極を交互に接続するスイッチング素子により構成される交流矩形波電源部と、前記交流矩形波電源部と電極間に設けられ、コンデンサと電流制限要素により構成される放電電流制御部と、前記放電電流制御部に接続し、前記コンデンサと電流制限要素により構成される放電エネルギー制御部とを備え、前記交流矩形波電源部の出力が正負に切り換わる時の電荷の変化を放電エネルギーとするものである。

この発明は、以上のように構成されているので、以下に示すような効果を奏する。

第 1 の発明に係る放電加工方法は、非常に小さなエネルギーで放電加工を行うことができ、前記被加工物の表面を非常に滑らかな表面粗さに加工することができる効果がある。

第 2 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明と同様の効果を奏する。

第 3 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明と同様の効果を奏すると共に、より均一な加工を効果的に行うことができる効果がある。

第 4 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明と同様の効果を奏すると共に、前記電極と前記被加工物との相対移動をスムーズに行うことができる効果がある。

第 5 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明と同様の効果を奏すると共に、前記電極と前記被加工物との相対移動をスムーズに行うことができ、さらに、前記加工媒質の定着性がよいという効果がある。

第 6 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明と同様の効果を奏すると共に、前記加工媒質の定着性がよいという効果がある。

第 7 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明と同様の効果を奏すると共に、より均一な放電が得られるため、さらに滑らかな表面粗さの加工面を得ることができる効果がある。

5 第 8 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明と同様の効果を奏すると共に、除去加工を行う場合と同様の装置構成にて極めて簡易に任意面の表面コーティングを行うことができる効果がある。

第 9 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明と同様の効果を奏すると共に、除去加工を行う場合と同様の装置構成にて極めて簡易に前記被加工物の加工面に前記電極の材料を付着させ肉盛り加工を行うことができる効果がある。

10

第 10 の発明に係る放電加工方法は、第 1 の発明と同様の効果を奏すると共に、前記被加工物に要求される表面粗さや潤滑の状態、電源仕様等に応じて前記電極と前記被加工物との間の前記加工媒質の膜厚を変えることができる効果がある。

15 第 11 の発明に係る放電加工方法は、ワイヤ放電加工により前記被加工物の表面を非常に滑らかな表面粗さに加工することができる効果がある。

第 12 の発明に係る放電加工方法は、広範囲の均一な加工が可能となり、押し付け、回転するという簡単な制御で微細な加工面を得ることができる効果がある。

20

第 13 の発明に係る放電加工装置は、第 1 の発明と同様の効果を奏する。

第 14 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明と同様の効果を奏する。

25 第 15 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明と同様の効果を奏すると共に、より均一な加工を効果的に行うことができる効果がある。

第 16 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明と同様の効果を奏すると共に、前記電極と前記被加工物との相対移動をスムーズに行うことができる効果がある。

5 第 17 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明と同様の効果を奏すると共に、前記電極と前記被加工物との相対移動をスムーズに行うことができ、さらに、前記加工媒質の定着性がよいという効果がある。

第 18 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明と同様の効果を奏すると共に、前記加工媒質の定着性がよいという効果がある。

10 第 19 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明と同様の効果を奏すると共に、より均一な放電が得られるため、さらに滑らかな表面粗さの加工面を得ることができる効果がある。

第 20 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明と同様の効果を奏すると共に、除去加工を行う場合と同様の装置構成にて極めて簡易に任意面の表面コーティングを行うことができる効果がある。

15 第 21 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明と同様の効果を奏すると共に、除去加工を行う場合と同様の装置構成にて極めて簡易に前記被加工物の加工面に前記電極の材料を付着させ肉盛り加工を行うことができる効果がある。

20 第 22 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明と同様の効果を奏すると共に、前記被加工物に要求される表面粗さや潤滑の状態、電源仕様等に応じて前記電極と前記被加工物との間の前記加工媒質の膜厚を変えることができる効果がある。

25 第 23 の発明に係る放電加工装置は、ワイヤ放電加工により前記被加工物の表面を非常に滑らかな表面粗さに加工することができる効果がある。

第 24 の発明に係る放電加工装置は、広範囲の均一な加工が可能とな

り、押し付け、回転するという簡単な制御で微細な加工面を得ることができる効果がある。

第 25 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明と同様の効果を奏すると共に、簡単な制御で放電エネルギーを制御できるため、安価かつ小  
5 形の電源装置が得られる効果がある。

第 26 の発明に係る放電加工装置は、第 13 の発明と同様の効果を奏すると共に、簡単な制御で放電エネルギーを制御できるため、安価かつ小  
形の電源装置が得られる効果がある。また、より滑らかな表面粗さの加工面を得るのに適すると共に、より速い加工速度を実現できる効果がある。  
10 る。

#### 図面の簡単な説明

第 1 図は、この発明の実施の形態 1 の放電加工装置を示す説明図である。

15 第 2 図は、電極 1 を被加工物 2 に対し相対移動させる方法の説明図である。

第 3 図は、この発明の実施の形態 2 の放電加工装置及び電源装置の構成を示す説明図である。

20 第 4 図は、この発明の実施の形態 2 の別の電源装置の構成を示す説明図である。

第 5 図は、この発明の実施の形態 3 の放電加工装置を示す説明図である。

第 6 図は、この発明の実施の形態 3 の放電加工装置を示す説明図である。

25 第 7 図は、この発明の実施の形態 3 の放電加工装置を示す説明図である。

第8図は、この発明の実施の形態4の放電加工装置を示す説明図である。

第9図は、従来の放電加工装置を示す説明図である。

第10図は、従来の放電加工装置を示す説明図である。

5

### 発明を実施するための最良の形態

#### 実施の形態1.

第1図は、この発明の実施の形態1の放電加工装置を示す説明図であり、図において、1は電極、2は被加工物、5は電極1と被加工物2との間に放電エネルギーを供給する電源装置、6は電極1を上下方向（Z軸方向）に移動させる送り装置、9はコイルばね、10は伸縮自在な支持柱、11はグリース溜り、12はポンプ、13は絶縁性の加工媒質であるグリース、28は電源装置5及び送り装置6等を制御する制御装置である。グリース溜り11からはグリース13を適量ずつポンプ12により電極1の近傍に補給する構成となっている。また、コイルばね9が圧縮された状態になるように送り装置6を制御し、このコイルばね9の復元力により、電極1を被加工物2に所定の圧力で押し付け、さらに、図示しない駆動手段であるX軸駆動装置及びY軸駆動装置により、電極1と被加工物2をXY平面内に相対移動させる構成となっており、電極1と被加工物2との間のグリース13を非常に薄い膜（例えば0.1～1μm程度）とすることができる。

電極1と被加工物2との間のグリース13の膜厚は、電極1と被加工物2との接触面積、押し付け圧力、相対移動速度及びグリース13の粘度によって決まる。従って、電極1と被加工物2との接触面積、押し付け圧力、相対移動速度及びグリース13の粘度をパラメータとして変化させることにより、膜厚を制御することが可能であり、被加工物に要求

25

される表面粗さや潤滑の状態、電源仕様等に応じて膜厚を変えることができる。電極 1 と被加工物 2 との接触面積は電極 1 の大きさ、形状及び個数により変化させることができ、グリース 13 の粘度はグリース 13 の種類を代えることにより変化させることができる。また、電極 1 と被加工物 2 との押し付け圧力は送り装置 6 の位置制御によりコイルばねの圧縮量を制御することや、コイルばねのばね定数を変えることにより変化させることができる。さらに、電極 1 と被加工物 2 との相対移動速度は電極 1 と被加工物 2 を X Y 平面内に相対移動させる前記 X 軸駆動装置及び前記 Y 軸駆動装置を制御することにより変化させることができる。

このように、電極 1 と被加工物 2 との接触面積、押し付け圧力、相対移動速度及びグリース 13 の粘度を制御装置 28 内の制御手段により管理、制御することにより、電極 1 と被加工物 2 間のグリース 13 の膜厚を所定の膜厚に設定することができる。また、電極 1 と被加工物 2 との接触面積、押し付け圧力、相対移動速度及びグリース 13 の粘度の各パラメータと、電極 1 と被加工物 2 間のグリース 13 の膜厚との関係は、例えば実験的に関係を求めておきテーブル化して前記制御手段内に持っておけばよい。

また、グリース 13 は一般に粘性が高く、それ自体では流れてしまうことがないため定着性がよく、さらに、潤滑剤であるため電極 1 と被加工物 2 との相対移動をよりスムーズに行うことができる。

ここで、グリース 13 の種類としては、エステル系合成油グリース、合成炭化水素系グリース、ポリグリコール系合成油グリース、フェニルエーテル系合成油グリース、フッ素系合成油グリース等があり、たとえばエステル系合成油グリースでは、基油としてのエステル系合成油、増ちょう剤としてのリチウム石けん等が主成分である。

電極 1 と被加工物 2 との X Y 平面内の相対移動の方法としては、第 2

図の（a）及び（b）に示すように、被加工物2に対する電極1の進行方向に対し、ジグザグ状、螺旋状等に相対移動させることにより、より均一な加工を行うことができる。特に、第2図の（b）のような螺旋状の相対移動を行うことにより、相対移動速度がほぼ一定となり、従って電極1と被加工物2との間のグリース13の膜厚がほぼ一定となるため、より均一な加工を効果的に行うことが可能となる。

電極1と被加工物2間のグリース13の膜厚は前記のように非常に薄く、例えば1 $\mu$ m以下であるので、放電開始電圧も低い。一般の放電加工装置では80～100V程度を必要とするが、この発明の放電加工装置では数ボルト～10V、高くても20V以下である。放電のエネルギーは電圧と電流の積とその時間で決まり、また、図示していない電極1と被加工物2間の浮遊静電容量に充電されるエネルギーは電圧の2乗に比例する。従って90Vの電源電圧を10分の1の9Vにした場合、100分の1のエネルギーとなり、非常に小さなエネルギーで加工ができることになる。また、電圧が大きいと微少な電流の制御が困難であるが、10V程度の低い電圧では比較的容易に微少な電流をより高速に制御することができる。このため、この発明の放電加工装置は被加工物2の表面を非常に滑らかな表面粗さに加工できる。

通常の放電加工装置では加工面の表面粗さは1 $\mu$ m程度が限界であり、また、非常に加工速度が遅いのが欠点であるが、この発明の放電加工装置によれば非常に簡単な制御で、光沢のあるような0.1 $\mu$ m以下の表面粗さの加工を達成できる。さらに、放電エネルギーの繰り返し周波数を高くすることにより加工速度を速くすることができる。

以上説明したように、この発明では電極と被加工物とを押圧しながら、相対移動させるため、電極1と被加工物2との間にグリース13を巻き込み、非常に薄い油膜を形成しながら放電加工を行うため、加工屑の排

出も同時に行うことができる。従って、加工終了後はグリース13を拭き取ることにより、極めて簡単に加工済みの加工媒質の処理を行うことができる。

5       また、この発明では、電極1が被加工物2上の非常に薄いグリース13の油膜上に浮いた状態で保持されるため、一般の放電加工装置に必要な加工槽、高価なNC、サーボ等が不要となるため、安価に製造できると共に、高精度の放電加工を安定して行うことができる。

前記の説明では、グリースを補給する場合を示したが、補給をせずに被加工物あるいは電極に予めグリースを塗っておいてもよい。

10       また、前記の説明では絶縁性の加工媒質としてグリースを用いる場合を示したが、グリースのような半固体のもの以外にも、例えば鉱油系潤滑油、合成潤滑油等の液体潤滑剤等の潤滑剤、グリースの主成分である基油、ワセリン等の油脂、石油、重油等、あるいは高分子水吸収体に水を含ませたもの等を用いることができ、絶縁性の薄膜が形成できるもの  
15       であればよい。

前記の高分子水吸収体は紙おむつの水吸収剤等に使用されているものであり、水を含むとゲル状になり、圧力をかけるとグリースと同じように流動し膜を形成することができる。この高分子吸収体に含ませる水としては、純水がよく、なるべく比抵抗の高い水を使用する。

20       さらに、前記の説明では、絶縁性の加工媒質としてグリースを用い、加工槽を不要にする場合を示したが、加工槽に加工油を溜めて電極及び被加工物を浸漬して放電加工を行う場合においても、電極1と被加工物2を押圧し、相対移動させることにより、非常に滑らかな表面粗さの放電加工を実現できる。

25       さらにまた、前記の説明では、コイルばねによる弾性復元力により電極と被加工物間に押し付け力を与える例を示したが、板ばね等の他の弾

性体を用いてもよい。さらに、弾性体を用いずに、リニアモータの電流制御により所定の押し付け力を与える等の方法によってもよい。

また、前記加工媒質にシリコン粉末を混入し放電加工することにより、より均一な放電が得られるため、さらに滑らかな表面粗さの加工面を得ることができる。

さらに、前記加工媒質が鉱物油等で構成される場合には炭素が含まれているため、そのまま加工媒質として使用し、前記加工媒質が炭素を含まない場合には炭素粉末を混入して加工媒質として使用し、炭化チタン（ $TiC$ ）等の硬質の化合物を作るチタン等の金属又はそれらの粉末を圧縮成形した圧粉体を電極 1 として使用し、被加工物 2 の加工面に硬質セラミックス被膜を形成するように放電加工することにより、PVD、CVD等の加工方法に代わって極めて簡易に任意面の表面コーティングを行うことができる。

さらにまた、被加工物 2 と同一の材料又はそれらの粉末を圧縮成形した圧粉体を電極 1 として使用し、電極 1 と被加工物 2 間にグリース等の絶縁性の加工媒質を介在させて放電加工することにより、被加工物 2 の加工面に電極材料を付着させ肉盛り加工を行うことができる。この方法は、グリース等の絶縁性の加工媒質の膜厚が薄いので、放電発生時に飛び散った金属がグリース等の絶縁性の加工媒質に拡散し混入する割合が少なく被加工物 2 に付着する効率が高い。従って電極の消耗が少なく、少ない放電エネルギーで効率のよい肉盛り加工ができる。

実施の形態 2.

第 3 図は、この発明の実施の形態 2 の放電加工装置を示す説明図であり、図において、1 は電極であり、円筒状に形成されると共に軸支され、図示しないモータ等の駆動装置により回転すると共に、コイルばね 9 の復元力により被加工物 2 に押し付けられている。このような電極 1 の回

転及び被加工物 2 への押圧により、グリース 13 は電極 1 と被加工物 2 との間で非常に薄い膜となる。このような状態で、電源装置 5 を接続し放電加工を行う。

以下において、電源装置 5 の構成について説明する。第 3 図において、  
5 14 は放電指令パルス、15 はフリップフロップ等で代表されるセットとリセットの状態変化を行う状態記憶部、16 はコンデンサ等で代表される放電エネルギー蓄積部、17 は直流電源、18 は放電検出部、19 は基準電圧、20 は遅延要素である。放電検出部 18 は、電極 1 と被加工物 2 との間の極間電圧と基準電圧 19 とを比較し、極間電圧が放電電圧  
10 に下がった時に放電発生信号 B を出力し、遅延要素 20 はこの信号 B を所定時間遅らせ、放電停止信号 C として、状態記憶部 15 に入力する。

第 3 図において、放電エネルギー蓄積部 16 に充電し、直流電源 17、  
スイッチング素子 TR1、抵抗で代表される電流制限要素 R1 により構成される部分は放電エネルギー充電部、放電エネルギー蓄積部 16 と電流制限要素 R2 及び電極 1 と被加工物 2 間を接続した部分は放電電流制御部、  
15 放電エネルギー蓄積部 16 と電流制限要素 R4、スイッチング素子 TR2 により構成する部分は余剰エネルギー放電部である。

状態記憶部 15 は、放電指令パルス 14 によりセットされ、放電エネルギー充電部のスイッチング素子 TR1 をオンさせ、放電エネルギー蓄積部  
20 16 を充電する。この時、余剰エネルギー放電部のスイッチング素子 TR2 はオフにされる。放電エネルギー蓄積部 16 の電圧が上昇すると極間電圧が上昇し、グリース 13 の油膜が絶縁破壊すると放電が発生する。この放電電流は放電エネルギー蓄積部 16、電流制限要素 R2、電極 1、被加工物 2 間を流れる。電流制限要素 R2 は、放電電流が適正な値になる  
25 ように電流値を制限する機能を有する。この放電電流は放電エネルギー蓄積部 16 と電流制限要素 R2 との時定数によって決まる時間の間流れ続

けることができる。

また、状態記憶部 15 は、放電停止信号 C によりリセットされる。すなわち、遅延要素 20 の設定時間が、極間の放電時間となり、放電エネルギーが制御される。遅延要素 20 の出力である放電停止信号 C により状態記憶部 15 がリセットされ、スイッチング素子 TR 1 がオフに、TR 2 がオンになる。この時、極間ではまだ放電電流が流れており、放電エネルギー蓄積部 16 と放電電流制限要素 R 2 の時定数により短い時間にスイッチング素子 TR 2 がオンするので、放電エネルギー蓄積部 16 の電荷を電流制限要素 R 4、スイッチング素子 TR 2 を通り、放電させることにより、電極 1 と被加工物 2 間の放電電流を停止させる。

以上の動作を放電指令パルス 14 毎に繰返し行い、放電加工が行われる。放電エネルギー蓄積部 16 は、放電エネルギー充電部、放電電流制御部及び余剰エネルギー放電部に共通になっており、充放電を制御することができる。

以上の説明においては、電流制限要素 R 1、R 4 を別々に設ける場合を示したが、同一の値に設定して共通化し、スイッチング素子 TR 1、TR 2 にこの共通線を接続してもよい。

以上のような構成の電源装置 5 は簡単な制御で放電エネルギーを制御できるため、安価かつ小形の電源装置を提供できる。特に、放電電圧が数ボルト以下の低電圧であるため、直流電源 17 の電圧は 10 ～ 20 V 程度でよく、また、各素子の制御が容易であり損失も少ないため、安価かつ小形の電源装置を得ることができる。

第 4 図は別の電源装置の構成を示したものである。図において、21 は状態記憶部であり、スイッチング素子 TR 1、TR 2 は状態記憶部 21 の状態に従ってオン、オフの状態が反転する。この 2 つのスイッチング素子 TR 1、TR 2 と状態記憶部 21 により、放電指令パルス 14 の

周波数の  $1/2$  の周波数の交流出力が得られ、この部分は交流矩形波電源として動作する。コンデンサ C 3、電流制限要素 R 3 により構成される放電エネルギー制御部は、コンデンサ C 3 と電流制限要素 R 3 による時定数以上の放電が続かないように、放電時間を制限する。コンデンサ C 3 と電流制限要素 R 2 により構成される放電電流制御部は電流制限要素 R 2 により放電の電流値を所定の値になるように制限する。

ここで、コンデンサ C 3 は交流矩形波電源の出力が正負に切り換わる時に、その電荷の変化を放電エネルギーとしているので、静電容量が所定の値のものを選定することにより加工エネルギーを制御できる。

10 以上のような構成の電源装置 5 は、第 3 図に示した電源装置と同様に、安価かつ小形の電源装置を得ることができる。

また、この方式は、放電検出を必要としないので、数 MHz といった高い周波数でも電源装置を容易に構成できるため、より滑らかな表面粗さの加工面を得るのに適すると共に、より速い加工速度を実現できる。

15 実施の形態 3.

第 5 図は、この発明の実施の形態 3 の放電加工装置を示す説明図であり、第 5 図の (a) において、1 a、1 b は電極、2 は被加工物、6 は送り装置、1 3 はグリース、2 2 a、2 2 b は板ばね、2 3 a、2 3 b は一自由度の回転ジョイント、2 4 は電極の回転手段である回転駆動装置である。電極 1 a、1 b は、おのこの板ばね 2 2 a、2 2 b に一自由度の回転ジョイント 2 3 a、2 3 b を介して取り付けられており、板ばね 2 2 a、2 2 b の復元力により被加工物 2 に押し付けられている。

25 このように電極 1 a、1 b を被加工物 2 に押し付けた状態で、グリース 1 3 上で回転駆動装置 2 4 により回転させ放電エネルギーを加えると、被加工物 2 を放電加工することができる。電極面積が広いので、広範囲の均一な加工が可能となり、押し付け、回転するという簡単な制御で微

細な加工面を得ることができ、放電研磨として利用することができる。

前記構成では一自由度の回転ジョイント 23 a、23 b を用いたが、これらの代わりにユニバーサルジョイント又はボールジョイントを用いてもよい。

5       また、板ばね 22 a、22 b の代わりに、第 5 図の (b) のようにコイルばね 9 a、9 b の復元力により電極 1 a、1 b を被加工物 2 に押し付ける構成にしてもよい。あるいは、皿ばね等の他の弾性体を使用してもよい。

10       さらに、前記構成では電極が 2 個の場合を示したが、電極が 1 個又は 3 個以上であってもよい。

15       また、第 6 図は、前記の回転駆動装置を用いる場合の別の構成を示したものであり、図において、1 は電極、2 は被加工物、5 は電源装置、13 はグリース、24 は回転駆動装置、25 はロボット、26 は制御装置であり、回転駆動装置 24 により回転する電極 1 をロボット 25 で支持し、被加工物 2 の任意の面を放電加工するものである。

20       この発明の放電加工装置によれば、回転する電極部を被加工物に押し付けるだけであるため、特に高精度な位置決めは必要でなく、ある程度の押し付け圧力が得られればよいと共に、グリース 13 は加工面が傾いていても流れないので任意の方向の加工面を放電加工できる。従って、このような用途にはロボットの使用が適しており、被加工物 2 の位置、形状等に合わせて、制御装置 26 によりロボット 25 を制御して、回転駆動装置 24 により回転する電極 1 を自由な位置及び姿勢に支持し、被加工物を加工することができる。

25       以上の説明においては、回転駆動装置 24 により電極 1 を回転させる場合を示したが、回転駆動装置 24 の代わりにロボットのリストロール軸等の手首部の回転軸を利用してもよい。

さらに、第7図は、前記の回転駆動装置を用いる場合の別の構成を示したものであり、図において、1は電極、2は被加工物、5は電源装置、13はグリース、24は回転駆動装置であり、回転駆動装置24により回転する電極を、人間の手により支持して放電加工を行うものである。

5        グリース13を被加工物2に塗っておき、回転駆動装置24により回転する電極1を被加工物2に押し当てるだけで容易に加工を行うことができる。

          グリース13は加工面が傾いていても流れないので、人間の判断により加工する方向へグリース13を延ばしながら加工できる。この方法は  
10        フレキシビリティが高く、非常に安価に構成できる効果がある。  
実施の形態4.

          第8図は、この発明の実施の形態4の放電加工装置を示す説明図であり、図において、2は被加工物、5は電源装置、13はグリース、27は導電ワイヤである。導電ワイヤ27は送給されると共にテンションが  
15        かけられている。被加工物2の加工面にはグリース13を塗ってあり、導電ワイヤ27を被加工物2の加工面に当て、導電ワイヤ27又は被加工物2を相対移動させ、導電ワイヤ27と被加工物2を押し付けながら、導電ワイヤ27と被加工物2との間にできるグリース13の膜を利用して放電加工を行うものである。

20        このような構成により、加工槽等を使用しないで簡易にワイヤ放電加工ができ、特に加工面の仕上げ加工に効果がある。

#### 産業上の利用可能性

          以上のように、この発明に係る放電加工方法及び装置は、放電による  
25        除去加工及び表面処理作業に用いるのに適している。

## 請 求 の 範 囲

1. 電極と被加工物との間に絶縁性の加工媒質を介在させ、前記電極  
と前記被加工物との間に放電エネルギーを供給し、放電により前記被加工  
5 物を加工する放電加工方法において、

前記加工媒質が薄膜を形成するように、前記電極を前記被加工物に対  
して所定の圧力で押圧し、前記電極と前記被加工物とを相対移動させな  
がら加工を行うことを特徴とする放電加工方法。

2. 請求の範囲1において、前記薄膜を0.1～1 $\mu$ mの厚さに形成  
10 することを特徴とする放電加工方法。

3. 請求の範囲1において、前記相対移動を螺旋状に行うことを特徴  
とする放電加工方法。

4. 請求の範囲1において、前記加工媒質として潤滑剤を用いること  
を特徴とする放電加工方法。

5. 請求の範囲1において、前記加工媒質としてグリースを用いるこ  
15 とを特徴とする放電加工方法。

6. 請求の範囲1において、前記加工媒質として高分子水吸収体に水  
を含ませたものを用いることを特徴とする放電加工方法。

7. 請求の範囲1において、前記加工媒質にシリコン粉末を混入する  
20 ことを特徴とする放電加工方法。

8. 請求の範囲1において、前記電極として炭化チタン(TiC)等  
の硬質の化合物を作るチタン等の金属又はそれらの粉末を圧縮成形した  
圧粉体を使用し、前記加工媒質として炭素を含む加工媒質を使用するこ  
とを特徴とする放電加工方法。

9. 請求の範囲1において、前記電極として、前記被加工物と同一の  
25 材料又はその粉末を圧縮成形した圧粉体を使用することを特徴とする放

電加工方法。

10 請求の範囲1において、前記電極と前記被加工物との接触面積、  
押し付け圧力、相対移動速度及び前記加工媒質の粘度をパラメータとし  
て、これらの中の少なくとも一つを変化させることにより、前記電極と  
5 前記被加工物との間の前記加工媒質の膜厚を制御することを特徴とする  
放電加工方法。

11 請求の範囲1において、前記電極として導電性ワイヤを使用す  
ることを特徴とする放電加工方法。

12 請求の範囲1において、前記電極を回転させながら加工を行う  
10 ことを特徴とする放電加工方法。

13 電極と被加工物との間に絶縁性の加工媒質を介在させ、前記電  
極と前記被加工物との間に電源装置から放電エネルギーを供給し、放電に  
より前記被加工物を加工する放電加工装置において、

15 前記電極を前記被加工物に対して所定の圧力で押圧する押し付け手段  
と、

前記電極と前記被加工物とを相対移動させる駆動手段を備え、

前記加工媒質が薄膜を形成するように、前記電極を前記被加工物に対  
して所定の圧力で押圧し、前記電極と前記被加工物とを相対移動させな  
がら加工を行うことを特徴とする放電加工装置。

20 14 請求の範囲13において、前記薄膜を0.1～1 $\mu$ mの厚さに  
形成することを特徴とする放電加工装置。

15 15 請求の範囲13において、前記相対移動を螺旋状に行うことを  
特徴とする放電加工装置。

25 16 請求の範囲13において、前記加工媒質として潤滑剤を用いる  
ことを特徴とする放電加工装置。

17 請求の範囲13において、前記加工媒質としてグリースを用い

ることを特徴とする放電加工装置。

18. 請求の範囲13において、前記加工媒質として高分子水吸収体に水を含ませたものを用いることを特徴とする放電加工装置。

5 19. 請求の範囲13において、前記加工媒質にシリコン粉末を混入することを特徴とする放電加工装置。

20. 請求の範囲13において、前記電極として炭化チタン(TiC)等の硬質の化合物を作るチタン等の金属又はそれらの粉末を圧縮成形した圧粉体を使用し、前記加工媒質として炭素を含む加工媒質を使用することを特徴とする放電加工装置。

10 21. 請求の範囲13において、前記電極として、前記被加工物と同一の材料又はその粉末を圧縮成形した圧粉体を使用することを特徴とする放電加工装置。

15 22. 請求の範囲13において、前記電極と前記被加工物との接触面積、押し付け圧力、相対移動速度及び前記加工媒質の粘度をパラメータとして管理し、前記押し付け圧力と前記相対移動速度の中の少なくとも一つを変化させる指令を与える制御手段を備えることを特徴とする放電加工装置。

23. 請求の範囲13において、前記電極として導電性ワイヤを使用することを特徴とする放電加工装置。

20 24. 請求の範囲13において、前記電極を回転させる回転手段を備えることを特徴とする放電加工装置。

25. 請求の範囲13において、前記電源装置として、セットとリセットの状態変化を行う状態記憶部と、

放電指令パルスによる前記状態記憶部のセットにより駆動される電流制限要素を含む放電エネルギー充電部と、

前記放電エネルギー充電部によって充電される放電エネルギー蓄積部と、

前記放電エネルギー蓄積部と前記電極間に設けられた放電電流制限要素を含む放電電流制御部と、

前記放電エネルギー蓄積部に接続し、前記状態記憶部のリセットにより駆動され電流制限要素を含む余剰エネルギー放電部とを備え、

- 5 前記電極と前記被加工物間に放電が発生した後所定時間遅らせて前記状態記憶部をリセットし、前記余剰エネルギー放電部を駆動することを特徴とする放電加工装置。

26. 請求の範囲13において、前記電源装置として、放電指令パルスによってオン、オフの状態が反転する状態記憶部と、

- 10 前記状態記憶部により駆動され、直流電源の正極と負極を交互に接続するスイッチング素子により構成される交流矩形波電源部と、

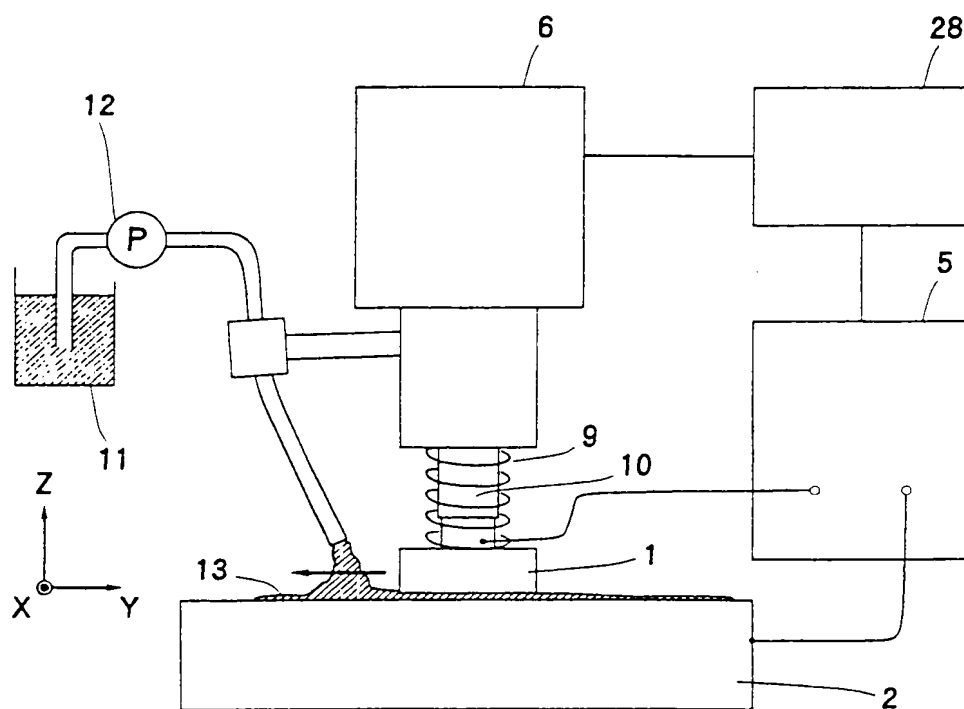
前記交流矩形波電源部と電極間に設けられ、コンデンサと電流制限要素により構成される放電電流制御部と、

- 15 前記放電電流制御部に接続し、前記コンデンサと電流制限要素により構成される放電エネルギー制御部とを備え、

前記交流矩形波電源部の出力が正負に切り換わる時の電荷の変化を放電エネルギーとすることを特徴とする放電加工装置。



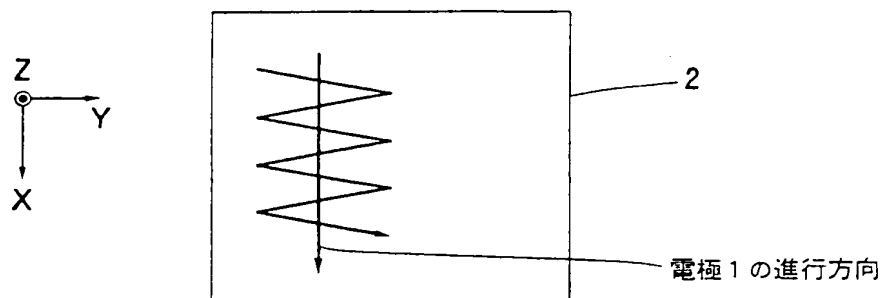
第1図



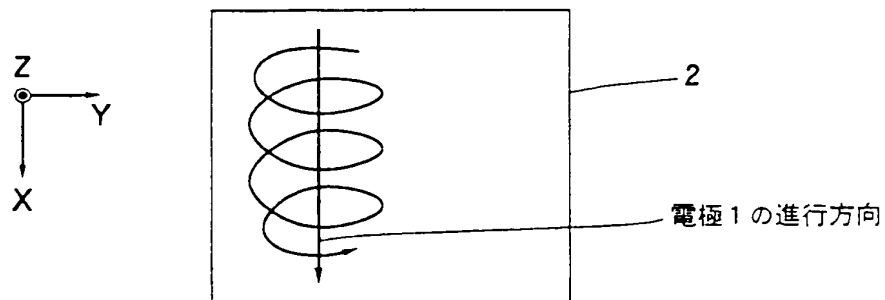


第2図

(a)

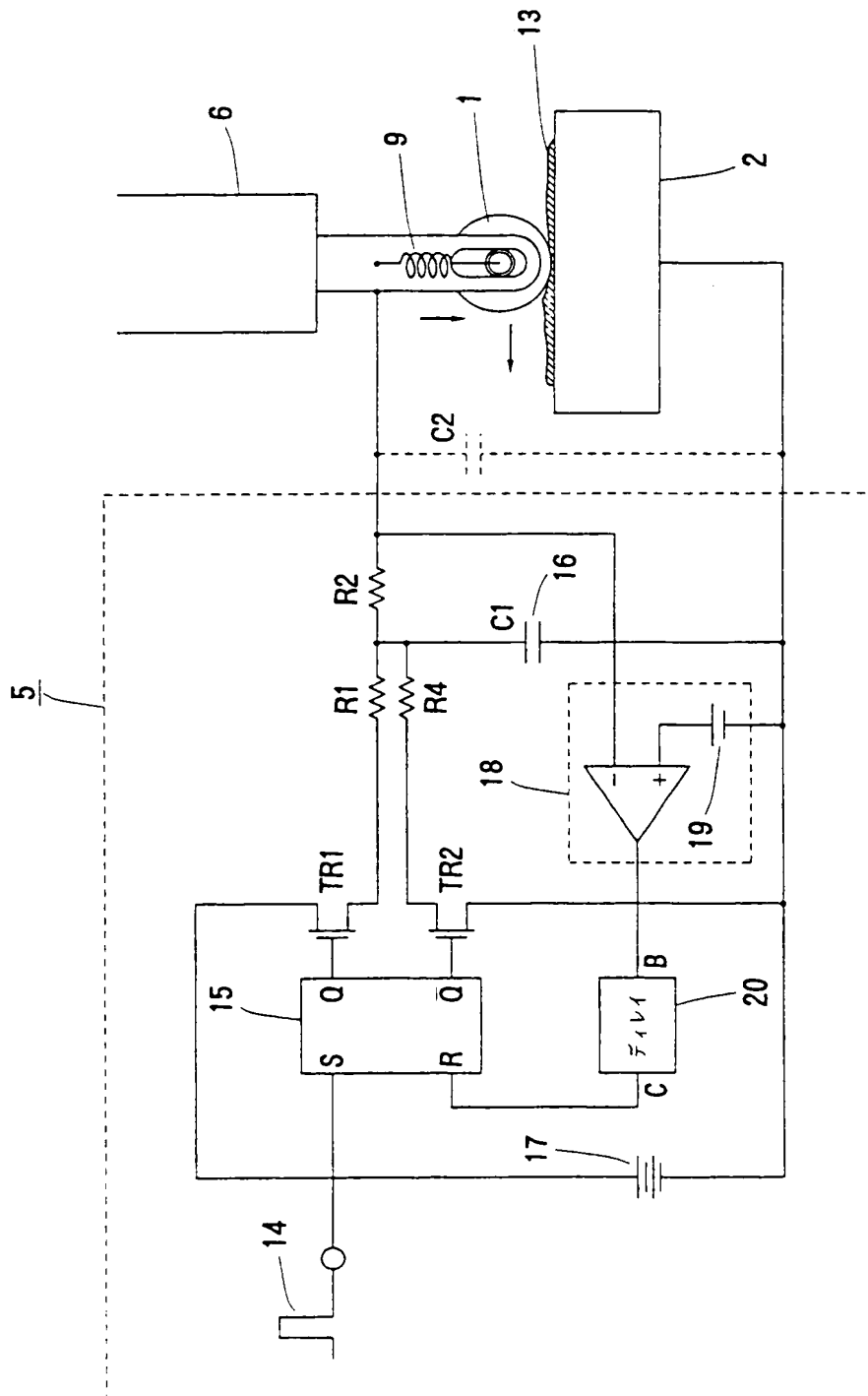


(b)



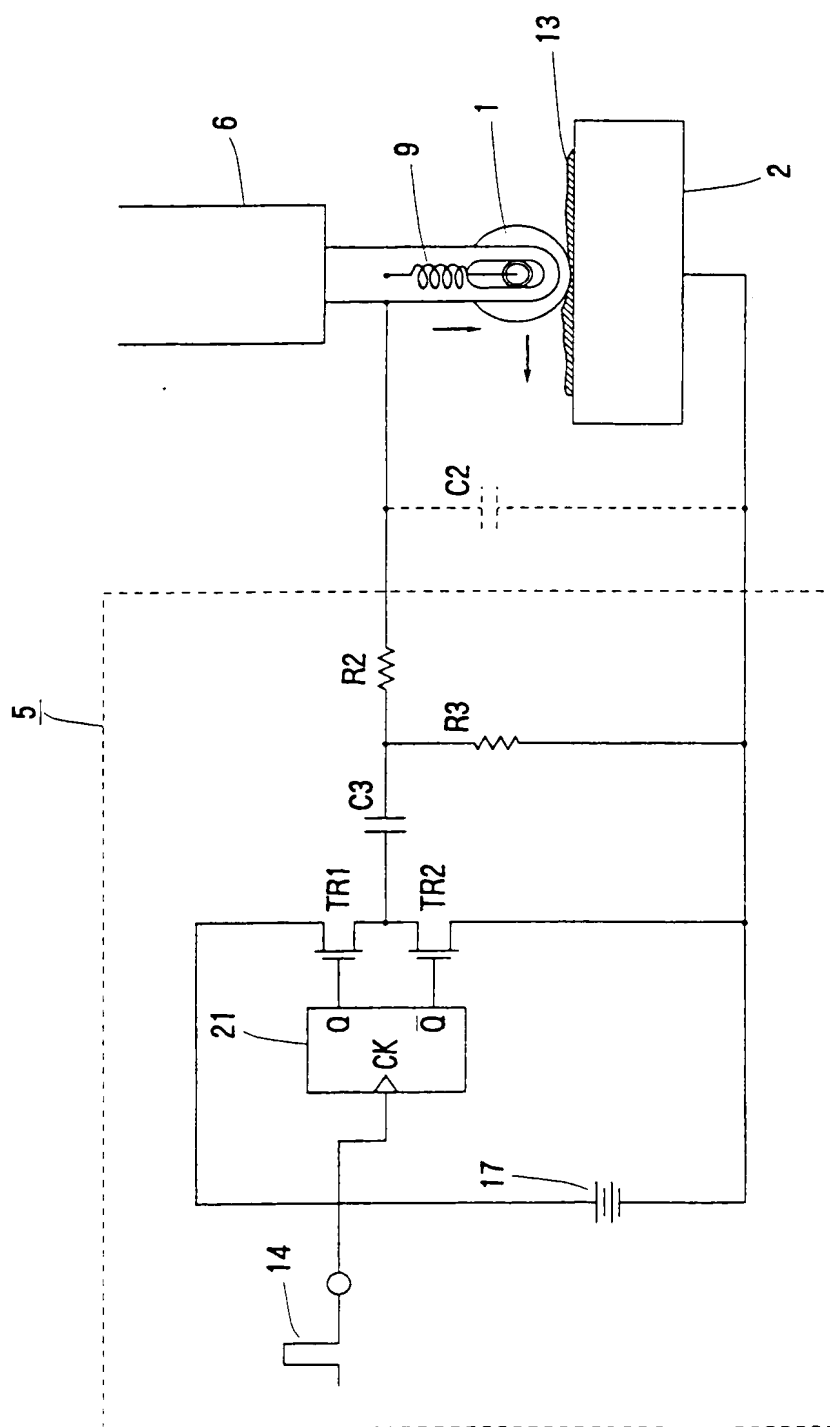


第3図





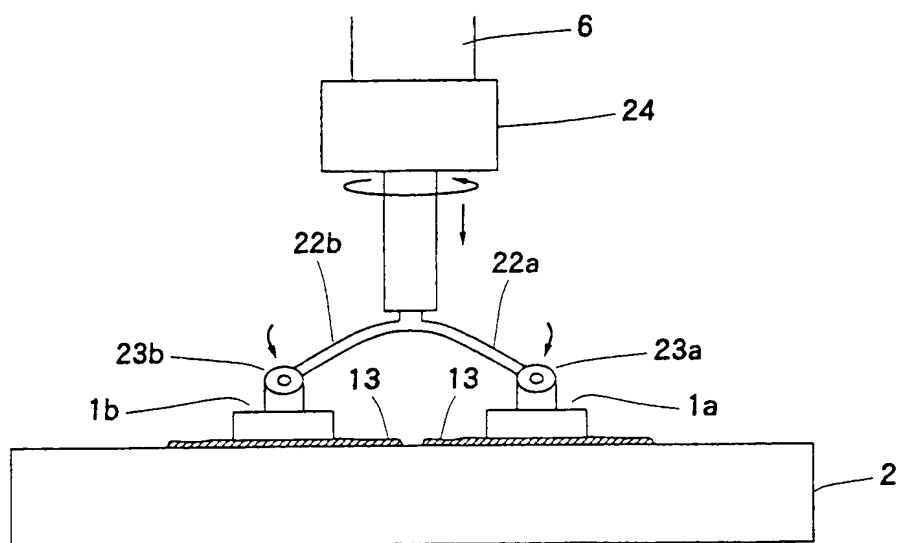
第4図



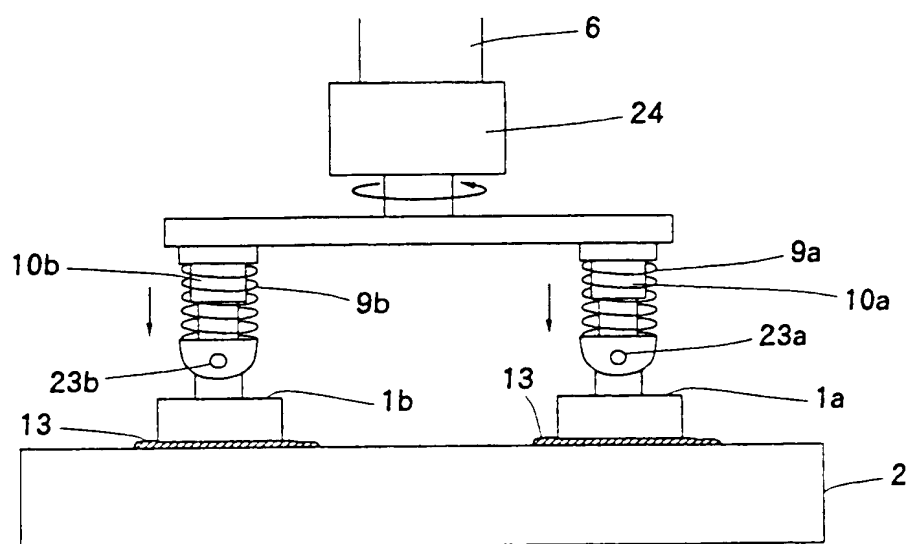


第5図

(a)

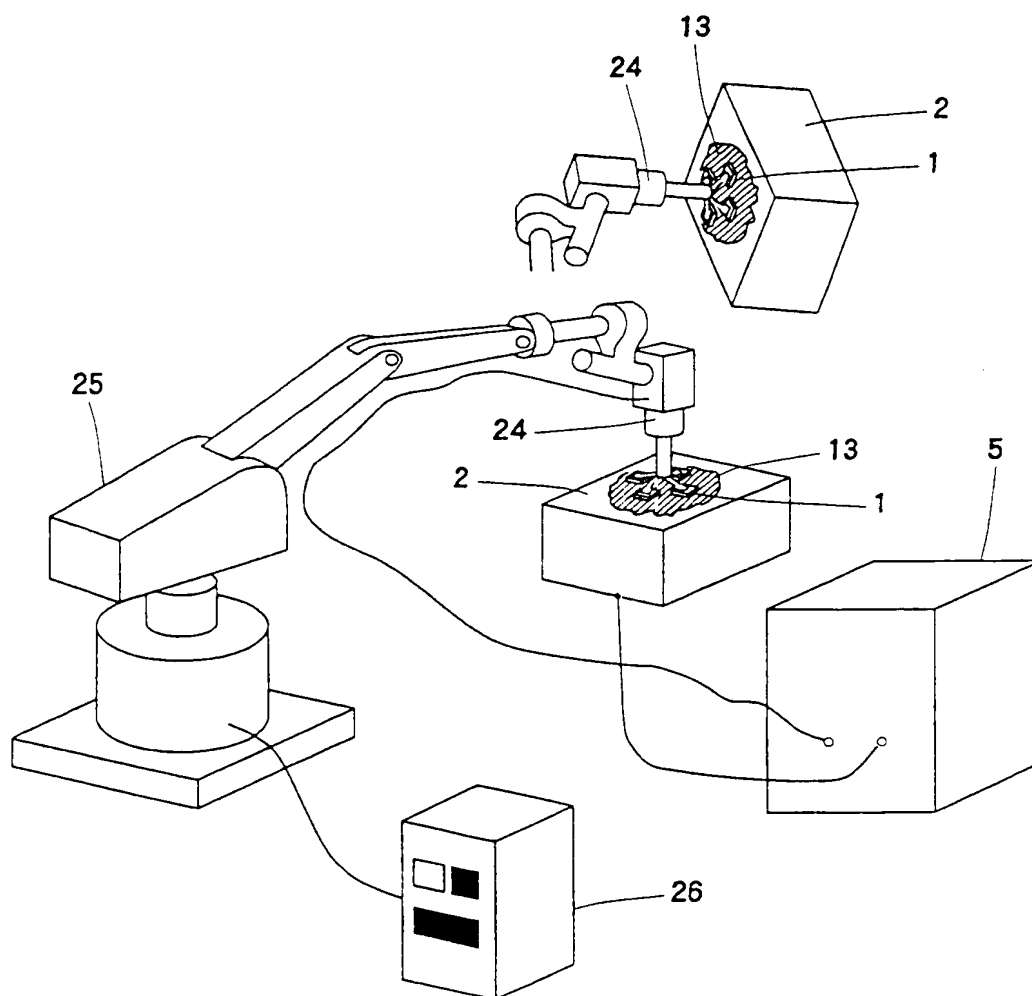


(b)



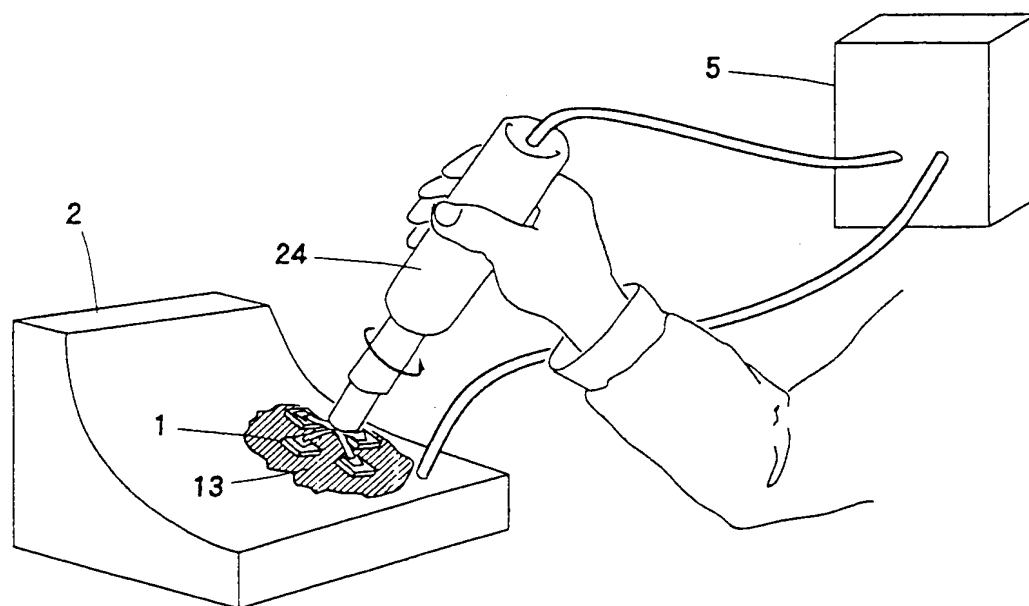


第6図



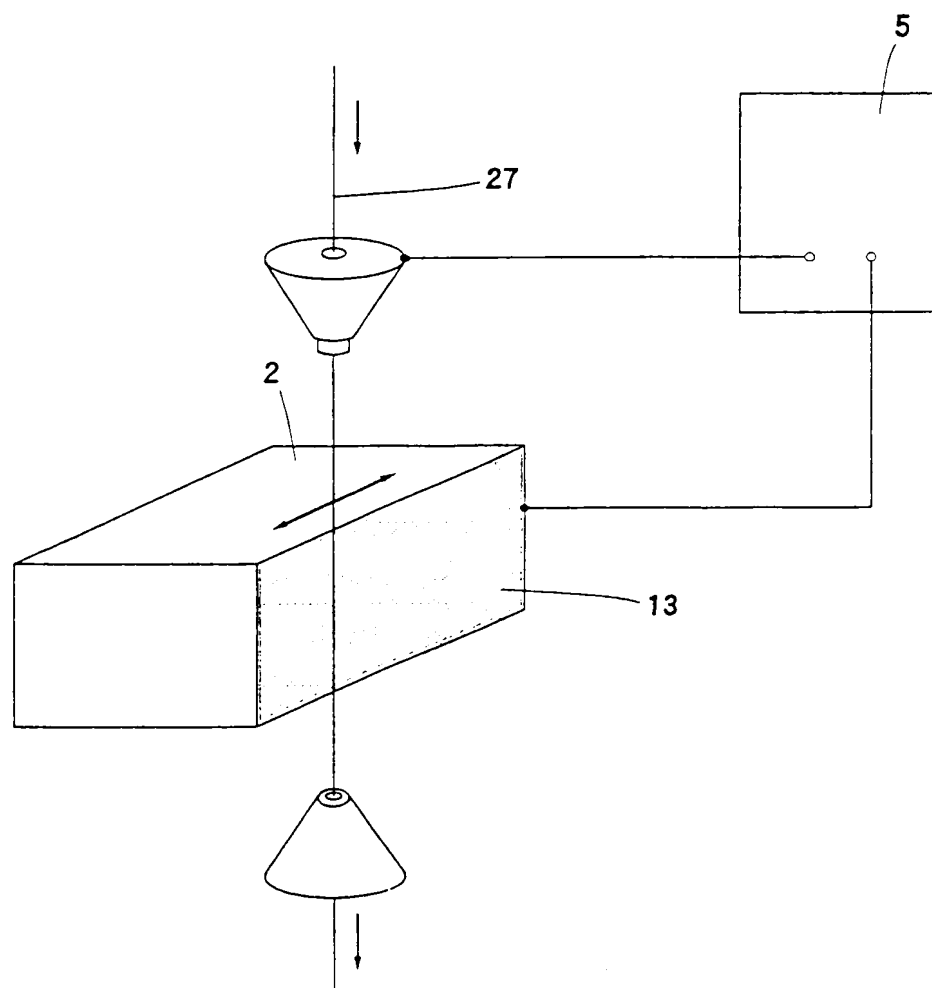


第7図



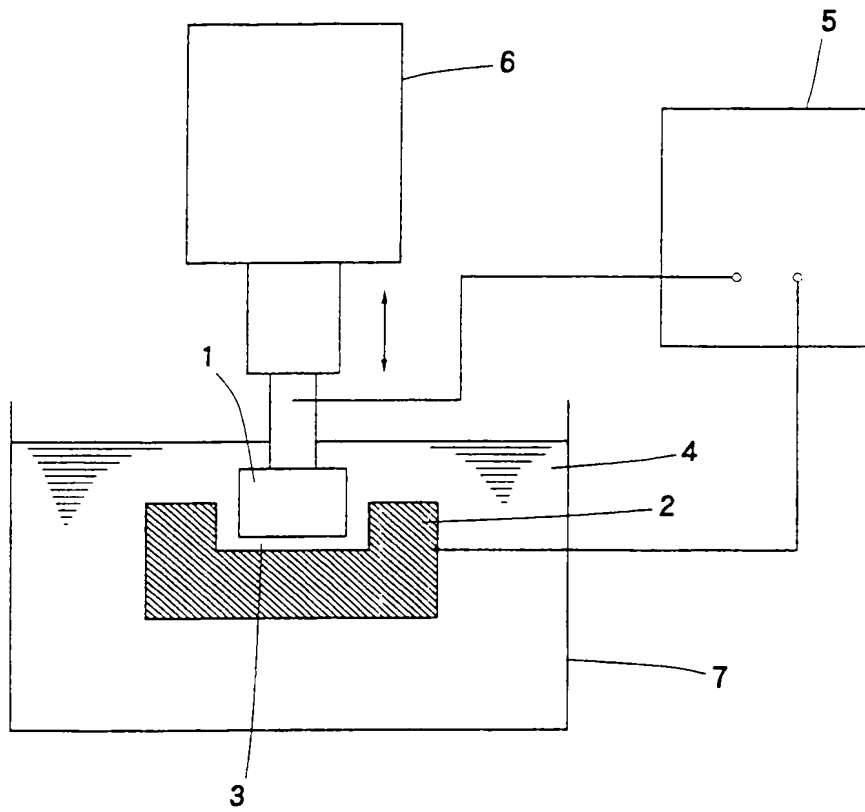


第8図





第9図





第10図

